

УДК 624.-12:624.074

А.Н. Шаповалов

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

УЧЕТ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ С АРМИРОВАННОЙ НАБЕТОНКОЙ ПОД ПОЛЫ ПРОМЗДАНИЙ

В статье рассматриваются два варианта расчета ребристых железобетонных промышленных плит: без учета совместной работы армированной набетонки с плитой и с учетом совместной работы. Второй вариант снижает деформативность плит в 3-4 раза, уменьшает армирование в 2-3 раза.

Ключевые слова: прочность, деформативность, железобетонные плиты, набетонка, совместная работа.

Постановка проблемы

В современной практике эксплуатации покрытий и перекрытий промышленных зданий и сооружений возникает необходимость оценки несущей способности сборных железобетонных плит с учетом влияния различных дополнительных конструктивных факторов, а также с учетом воздействия на эти плиты неблагоприятных внешних агрессивных сред и изменения нагрузок.

К числу дополнительных конструктивных факторов могут относиться следующие: 1) увеличение от проектных данных набетонки под полы с изменением класса бетона; 2) введение в набетонку арматурной сетки; 3) устройство многослойных набетонок с одиночной или двойной арматурными сетками; 4) изменение конструкции пола под новое технологическое оборудование и другие.

В число агрессивных сред обычно включаются: 1) промасливание поверхностей плит перекрытия; 2) влияние кислот и щелочей на бетон и арматуру; 3) высокотемпературные воздействия; 4) механические повреждения с отслоением защитного слоя бетона и другие.

Исходя из этих многофакторных параметров, требуется зачастую оценить реальную несущую способность перекрытия, на которое может быть установлено технологическое оборудование с повышенными по сравнению с проектными нагрузками.

Анализ известных исследований и публикаций

Проблема оценки реальной несущей способности железобетонных перекрытий с учетом различных благоприятных и неблагоприятных факторов исследовалась в разное время целым рядом видных ученых в области строительных конструкций (Гвоздев А.А., Крылов С.М., Бондаренко В.М., Барашиков А.Я., Карпенко Н.И., Молодченко Г.А., Климов Ю.А., Шагин А.Л., Чернявский В.Л., Шмук-

лер В.С. и другими). Однако в этих исследованиях рассматривались, как правило, дифференцированные подходы в оценке влияния какого-то одного фактора на снижение или повышение прочности и деформативных характеристик железобетонных монолитных, сборных или сборно-монолитных перекрытий. Так, в работах [5,6] акцентировалось внимание на снижение прочностных параметров бетона вследствие агрессивной среды в виде химических компонентов и промасливания рабочей поверхности перекрытий.

В нормативных рекомендационных документах [2,3] оценивается повышение прочности железобетонных сборных перекрытий по серии 1.020.1-4 путем устройства набетонки толщиной 50-70 мм на поверхности ребристых плит. При этом подчеркивается величина усиления несущей способности перекрытий только в пределах 25 %.

Отдельно рассматриваются вопросы повышения несущей способности железобетонных дорожных плит путем использования предварительно напряженной арматуры классов К1500 и А800 [4].

Учет же различных воздействий на существующее производственное перекрытие (т.е. дефекты конструкций от механических и химических повреждений, влияние существующих многообразных реконструкций пола и устройство набетонки, изменение переменной нагрузки, как правило, в сторону ее увеличения, коррозия рабочей арматуры) представляет собой сложную многоплановую задачу, которую нельзя решить путем простого алгебраического сложения положительных и отрицательных факторов, влияющих на прочностные и деформативные характеристики перекрытий.

Особую сложность представляет собой методика расчета реально существующих производственных перекрытий, эксплуатируемых на протяжении десятков лет.

К числу таких объектов относится Харьковский подшипниковый завод. В цеху по производству

железобетонных подшивниковых возникла конкретная задача по установке нового закалочного агрегата на существующих плитах перекрытия со следующими дефектами: защитный слой бетона в ряде плит был нарушен на глубину 40-50 мм; отмечается локальная коррозия арматуры; поверхность полог плит и ребер в ряде мест промаслена за счет подтекания масел от станочного оборудования. К тому же на плиты оказывала определенное влияние повышенная температура (в пределах до 80 °С) в зоне расположения закалочных печей. Установка нового оборудования привела к повышению переменной нагрузки на перекрытие до 25 кН/м².

Чтобы оценить реальную несущую способность как отдельных ребристых плит с обнаруженными дефектами, так и перекрытия в целом выполнялся раздельный расчет перекрытия по двум отдельным схемам. Вначале рассчитывалась плита как самостоятельный элемент с загрузением ее элементами надстроенного пола, независимо от совместного сопротивления элементов пола внешним воздействием. Затем расчет плиты выполнялся с учетом обнаруженных дефектов и с учетом совместного сопротивления внешним воздействиям как плиты, так и находящейся на ней армированной набетонки.

Контрольный расчет несущей способности плит перекрытия с учетом выявленных дефектов и набетонки

Расчет выполнялся для основной ребристой плиты перекрытия над подвалом.

Сечение плиты приведено на рис. 1. Расчетный пролет плиты принят равным 6 м.

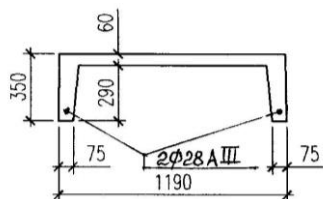


Рис. 1

Расчет плиты выполнялся с использованием программного вычислительного комплекса SCAD версии 11.5.

Для подготовки исходных данных для расчета на ПК SCAD были использованы следующие данные:

1. Класс бетона по результатам обследования соответствует С20/25, модуль деформаций $E_{cm} = 30600$ МПа, с учетом промасливания и рекомендаций [6] значение модуля деформаций снижено на 30 %, что будет соответствовать значению $30600 \times 0,7 = 21420$ МПа.

2. Толщина полки плиты принята 60 мм.

3. Толщина ребра – 75 мм, высота ребра с учетом дефектов, обнаруженных при обследовании дефектов (сколы защитного слоя бетона, выбоины),

переменная: в средней части на участке длиной 1,5 м 250 мм, на остальной части 350 мм.

Для анализа несущей способности плиты рассматривались два варианта расчетной схемы.

Схема 1 не учитывает совместную работу ребристой плиты с монолитной железобетонной плитой и набетонки пола толщиной 250 мм из бетона класса С12/15. Сверху набетонки уложены чугунные плиты толщиной 20 мм.

В этом случае вес плиты набетонки будет включен как постоянная нагрузка вместе с чугунными плитами пола толщиной 20 мм и будет составлять:

$$0,25 \times 25 \times 1,1 + 0,02 \times 78,5 \times 1,05 = 6,875 + 1,64 = 8,5 \text{ кН/м}^2.$$

Итого рассматривается три загрузки плиты по схеме 1:

1. Собственный вес плиты (вычисляется программой автоматически).

2. Вес конструкции пола и чугунных плит (постоянная) – 8,5 кН/м².

3. Полезная нагрузка от оборудования (переменная) – 25 кН/м².

Общий вид расчетной схемы в программном комплексе SCAD приведен на рис. 2 (схема 1).

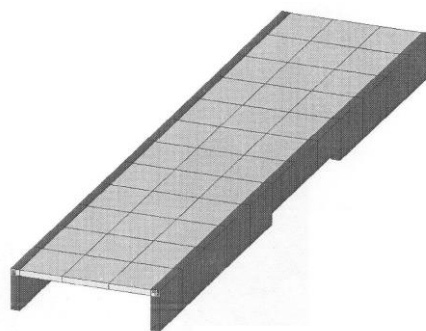


Рис. 2

На основании выполненных расчетов по схеме 1 получены значения деформаций и армирования полки и ребер плиты в рассматриваемом перекрытии.

Изополю вертикальных перемещений (по оси z) от суммарных нагрузок приведены на рис. 3.

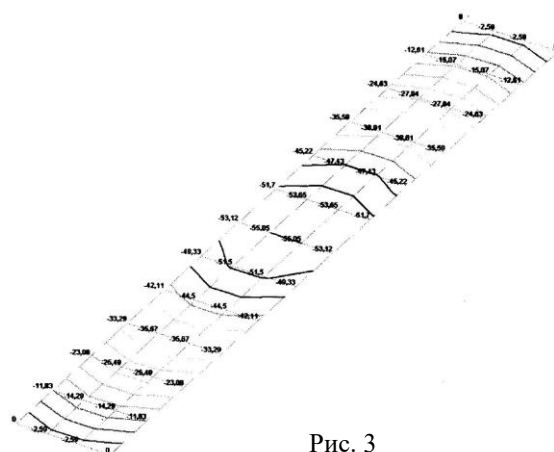


Рис. 3

Изополяция нижнего армирования полки плиты в направлении x (AS1) приведены на рис. 4.

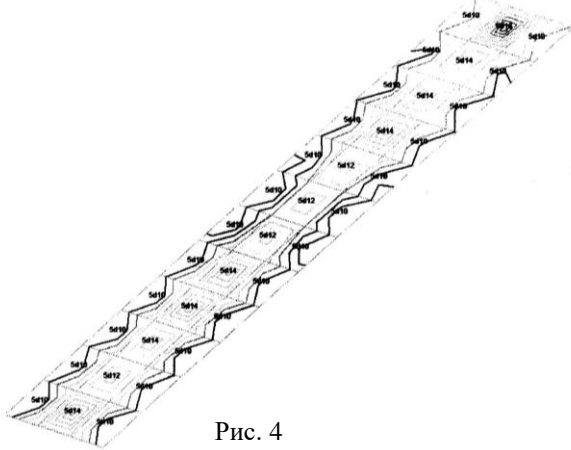


Рис. 4

Максимальное армирование ребра плиты в середине пролета показано на рис. 5.

Как видно из результатов расчета по первой схеме (без учета совместной работы плиты перекрытия и монолитной железобетонной плиты), значения максимальных вертикальных перемещений (прогибов) плиты в центре пролета достигают 56 мм, что превышает допустимые значения прогибов для данных типов конструкций ($1/200L$), равных 30 мм.

Кроме того, требуемое максимальное горизонтальное нижнее армирование полки $5\varnothing 14A400C$ больше армирования в существующей плите $5\varnothing 8A400C$. Класс арматуры A400C эквивалентен классу арматуры АIII по недействующим нормам СНиП 2.03.01-84*.

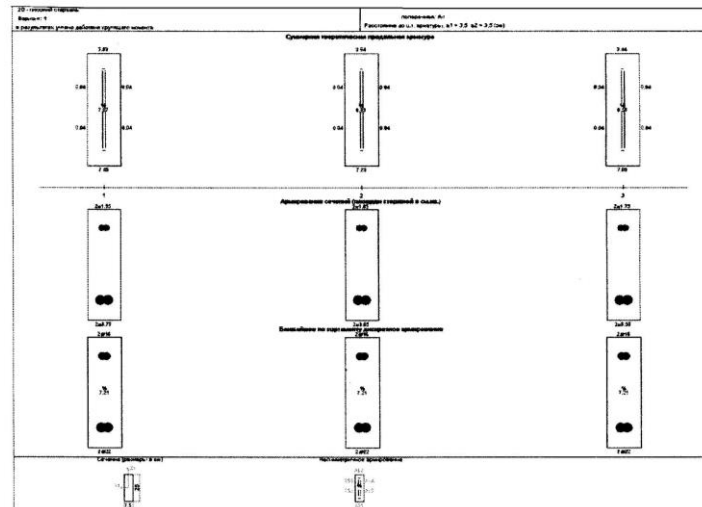


Рис. 5

Требуемое по расчету нижнее армирование ребра $2\varnothing 22A400C$ меньше армирования в существующей плите $2\varnothing 28AIII$ (эквивалентен $2\varnothing 28A400C$).

Схема 2 предусматривает совместную работу ребристой плиты с монолитной железобетонной плитой набетонки толщиной 250 мм из бетона класса C12/15. Для реализации этой совместной работы в шарнирном сопряжении двух плит вводится в узлах конечных элементов объединение линейных перемещений x , y и z для узлов имеющих общие координаты x и y (попарно), в объединенных узлах исключается появление моментов в зоне сопряжения полки плиты и набетонки. Образуется значительная жесткость верхней части плиты, что приводит к существенному уменьшению прогибов плиты и уменьшит площадь рабочей арматуры ребер.

Все дефекты плиты по схеме 1 автоматически переносятся на плиту по схеме 2. Наличие арматурной сетки набетонки в расчетной схеме плиты отразить не удалось.

Общий вид расчетной модели плиты по схеме 2 приведен на рис. 6.

Приведенные расчеты по схеме 2 позволили получить значения перемещений в направлении осей x , y и z , а также армирование полки сборной ребристой плиты в двух уровнях и армирование ребер плиты в двух уровнях. На прилагаемых рисунках 7; 8; 9 приведены значения перемещений и армирование полки и ребер, аналогичные расчетной схеме 1.

Изополя вертикальных перемещений (по оси z) от суммарных нагрузок для схемы 2 показаны на рис. 7.

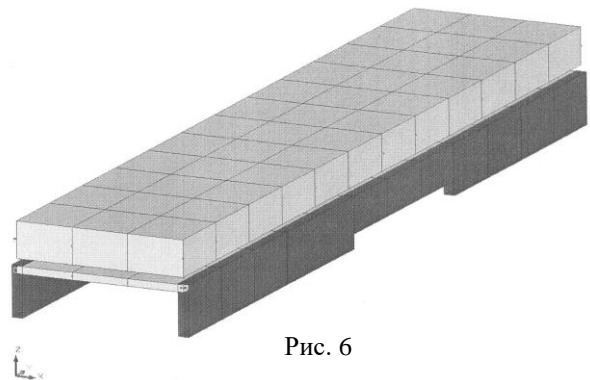


Рис. 6

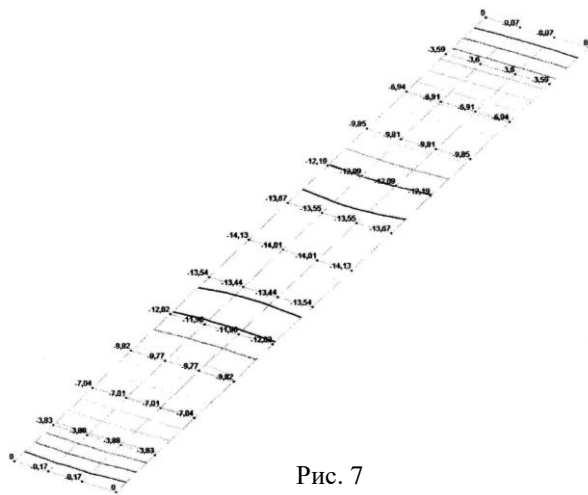


Рис. 7

Нижнее армирование полки вдоль оси x (AS1) приведено на рис. 8.

Максимальное армирование ребра в середине пролета плиты по результатам расчета приведено на рис. 9.

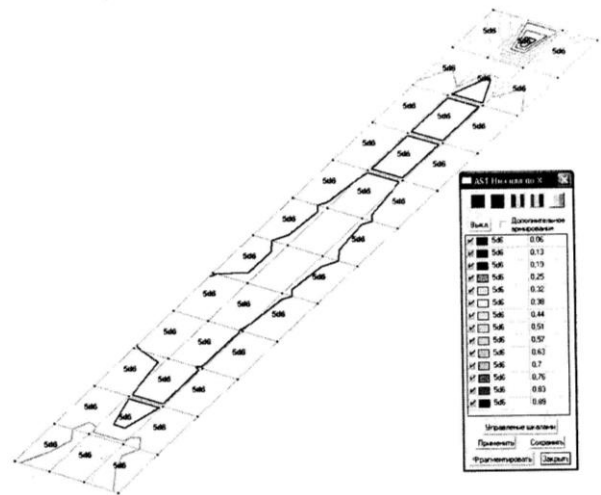


Рис. 8

Результаты расчета по второй расчете схеме (с учетом совместной работы плиты и армированной набетонки пол полы) показали значительно меньшие деформации. Максимальный прогиб составляет

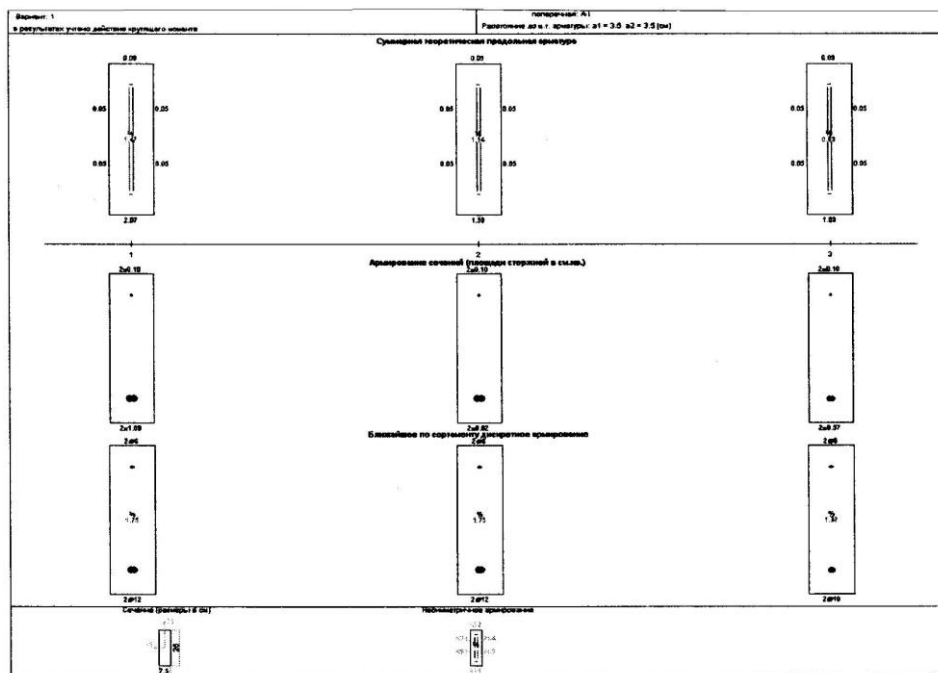


Рис. 9

всего лишь 14 мм, что значительно меньше допустимого. Требуемой по расчету армирование полки и ребра также меньше чем в обследуемой плите в 2-3 раза. Поэтому специальных мероприятий по усилению плит производить не следует.

Выводы

1. При оценке в реальных условиях несущей способности ребристых железобетонных плит, находившихся в длительной эксплуатации, необходимо их рассматривать не как самостоятельные элементы, а состоящие в комплексе с выполненными над

ними набетонками или полами, особенно если эти набетонки или полы армированы, при этом следует учитывать имеющиеся в плитах дефекты.

2. Ребристые плиты перекрытия могут иметь достаточную несущую способность для восприятия внешней дополнительной переменной нагрузки с увеличением ее на 25-40 % в случае учета совместной работы плиты и армированного пола или набетонки 150-250 мм.

3. Для уточнения несущей способности элементов железобетонного каркаса (ригелей, колонн, фундаментов) и обеспечения надежности эксплуа-

татції здання в целом обов'язательно учитывается повышение постоянной нагрузки от непроектных полов и набетонок, а также от повышения переменной нагрузки на перекрытия. Повреждения и дефекты элементов каркаса также принимаются во внимание.

Литература

1. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6-152:2010. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
2. Руководство по проектированию железобетонных сборно-монолитных конструкций. – М.: Стройиздат, 1977. – 21 с.
3. Рекомендации по проектированию участков перекрытий под повышенные нагрузки в промышленных зданиях. – М.: Стройиздат, 1990. – 18 с.
4. Шмуклер В.С. Адаптация типовых решений дорожных плит к стандартам Еврокода (EN) и нормам ДБН В.2.6-98:2009 / В. С. Шмуклер, Е. Г. Стоянов, О. М. Пустовойтова // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Вип. 118. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2014. – С. 40-41. – Серія: Технічні науки та архітектура.
5. Чернявський В.Л. Адаптація бетона: монографія / В. Л. Чернявський. – Дніпропетровськ: Нова Ідеологія, 2002. – 115 с.
6. Шаповалов А.Н. Влияние интенсивного технологического промасливания на прочностные характеристики бетона в монолитном ребристом железобетонном перекрытии / А. Н. Шаповалов, Ч. С. Довнар // Комунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – Вип. 72. – Київ: Техніка, 2006. – С. 35-40.

References

1. Betonni that zalizobetonni konstruktsii s vazhkogo concrete. Terms proektuvannya (DSTU B V.2.6-152: 2010) (2011). Kiev: Minregionbud Ukraine, 118.
2. Guidelines for design of reinforced concrete prefabricated monolithic structures (1977). Moscow: Stroyizdat, 21.
3. Recommendations for the design of overlap areas under high loads in industrial-governmental buildings (1990). Moscow: Stroyizdat, 18.
4. Shmukler, V.S. Stoyanov, E.G., Pustovoytova O.M. (2014). The adaptation of standard solutions to road slabs Eurocode standards (EN) and Nord-moms DBN V.2.6-98: 2009. Scientific and technical collection is the «Communal economy of cities», № 118. Kharkiv: O.M. Beketov national university of urban economy in Kharkiv, 40-41. Series: Engineering sciences and architecture.
5. Chernyavsky, V.L. Adaptatsiya concrete: monografiya (2002). Dnipropetrovsk: Nova Ideologiya, 115.
6. Shapovalov, A.N., Dovnar C.S. (2006). Effect of intensive technological oiling on the strength characterized ribs-concrete monolithic ribbed concrete floors. Scientific and technical collection is the «Communal economy of cities». Kiev: Tehnika, 72, 35-40.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Шмуклер, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, г. Харьков.

Автор: ШАПОВАЛОВ Александр Никитович
Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, кандидат технических наук, доцент
E-mail – budkonstr205@mail.ru

УРАХУВАННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ З АРМОВАНОЮ НАБЕТОНКОЮ ПІД ПІДЛОГУ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

О.М. Шаповалов

У статті розглядаються два варіанти розрахунку ребристих залізобетонних промислових плит: без урахування сумісної роботи армованої набетонки з плитою та з урахуванням сумісної роботи. Другий варіант знижує деформативність плит в 3-4 рази, зменшує армування в 2-3 рази.

Ключові слова: міцність, деформативність, залізобетонні плити, набетонка, сумісна робота.

CALCULATION IN COMMON WORK REINFORCED CONCRETE PLATE FLOOR WITH REINFORCEMENT CONCRETE FOR FLOOR INDUSTRIAL BUILDING

A.N. Shapovalov

This article discusses two options for calculating ribbed concrete industrial slabs: without teamwork reinforced footings with stove and taking into account teamwork. Teamwork footings with stove leads to a significant increase in total hardness plate, if the value of the upper layer of reinforced concrete up to 150-200 mm or more in parallel reduces the required reinforcement plates by increasing the useful load on the overlap by 50-70%. This takes into account the actual existing damage plates (in particular, a protective layer of concrete chips, impregnation whole body plate podtekayuschimi oils of machine equipment, lowering the elastic modulus of concrete is 25-30%, effect of elevated temperatures on the physico-mechanical properties of the concrete). Constructive calculation of a reinforced concrete slab for the two options of loading it (excluding joint work plate with the top layer of concrete and based on this work) was carried out on software complex «SCAD», version 11.5. The second option reduces the deformability plates 3-4 times, reduces the reinforcement of 2-3.

Keywords: strength, deformability, concrete slabs, footings, joint work.